

0-734090 -1

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ГЛАВНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

На правах рукописи

Дремова Галина Николаевна

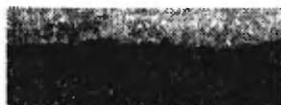
УДК 524.38

**ОБ ЭВОЛЮЦИИ МАЛОМАССИВНЫХ
ТЕСНЫХ ДВОЙНЫХ СИСТЕМ**

Специальность 01.03.02 – Астрофизика, радиоастрономия

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук



Санкт – Петербург 2002

Научный руководитель:

Доктор физико-математических наук
Профессор

Свечников М. А. (УрГУ)

Официальные оппоненты:

Доктор физико-математических наук
Кандидат физико-математических наук

Пискунов А. Э. (ИНАСАН)

Орлов В. В. (СПбГУ)

Ведущая организация:

Государственный астрономический институт им П. К. Штернберга, Москва,
Россия

Защита состоится «6» декабря 2002 в «13» часов «00» минут на заседании
Диссертационного Совета К 002.120.01 по защите диссертаций на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук в Главной
Астрономической Обсерватории Российской Академии Наук по адресу:
196140, Санкт-Петербург, Пулковское шоссе, д. 65/1, ГАО РАН

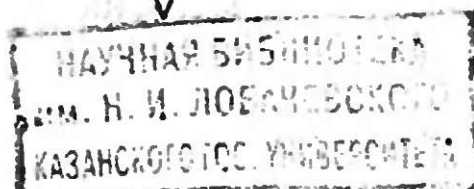
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГАО РАН.

Автореферат разослан «8» октября 2002

Ученый секретарь Диссертационного Совета
Кандидат физико-математических наук



Милецкий Е. В.



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы Своей высокой распространенностью во Вселенной Тесные Двойные Системы (ТДС) привлекают внимание для исследования природы звезд, вопросов их происхождения и эволюции.

Кроме того, ТДС являются, фактически, основным инструментом для измерения фундаментальных звездных характеристик – масс и радиусов. Количественная интерпретация кривых лучевых скоростей и кривых блеска ТДС, как затменно-переменных, представляет наиболее полную информацию об их фотометрических и спектроскопических элементах орбиты.

Использование каталогов, как наиболее надежных источников наблюдательных данных об орбитальных элементах, массах и светимостях звезд с учетом их классификации по эволюционному статусу, позволяет выявить эволюционные связи между ТДС, находящихся на различных стадиях эволюции в пределах Главной Последовательности (ГП) и в фазе "первого обмена массой".

В результате современных статистических исследований, позволяющих построить наблюдаемые и исправленные за эффекты наблюдательной селекции распределения ТДС по своим физическим характеристикам, можно оценить степень эволюционного родства разделенных и контактных ТДС. Также описать предконтактную эволюционную стадию и наложить ряд ограничений на физические характеристики разделенных и контактных ТДС, чтобы сформулировать условия, при которых выполнимы подобные эволюционные переходы.

Учет эффектов наблюдательной селекции для ТДС разных типов, включающий задачи определения геометрической и фотометрической вероятности открытия ТДС как затменных переменных, оценки объема, в котором наблюдаются системы данного типа до заданной предельной звездной

величины, оценки неполноты выборки, позволяет рассчитать «истинную» пространственную плотность ТДС этих типов в 1 пк^3 в окрестностях Солнца. Также следует подчеркнуть, что сравнение результатов теоретических расчетов эволюции ТДС с данными наблюдений возможно лишь при учете основных эффектов наблюдательной селекции для разных типов затменных переменных звезд.

Решение задачи определения возраста разделенных ТДС дает возможность изучать начальные распределения этих ТДС в зависимости от их определяющих эволюционных параметров – массы главного компонента M_1 и орбитального периода P , что имеет большое значение для тестирования теоретических звездных моделей на предмет начального химического состава, нуклеосинтеза и химической эволюции Галактики.

В настоящее время широко изучается эволюция маломассивных ТДС с $M_1 \leq 1.5 M_\odot$. Исследуется скачок пространственной плотности маломассивных разделенных и контактных систем в области «запрещенного треугольника» на диаграмме масса главного компонента – большая полуось, обусловленный особенностями образования ТДС. Теоретически рассчитываются шкалы контактизации и слияния компонентов на поздних стадиях эволюции с целью объяснить наблюдательные факты о распространенности контактных систем и объектов класса «Голубые Бродяги» ГБ в старых скоплениях диска и шаровых скоплениях гало и построить их родительские модели.

Характер эволюции маломассивных ТДС определяется потерей Орбитального Углового Моента (ОУМ) системы, сопровождаемого незначительной потерей массы из-за торможения, вызванного замагниченным звездным ветром. Знание орбитальных периодов разделенных, предконтактных и контактных систем, полученных из наблюдений и зафиксированных в каталогах, необходимо для расчета длительности процессов образования контактных систем

и сливающихся одиночных объектов.

Целью представляемой диссертационной работы является доказательство существования двух эволюционных цепочек для маломассивных разделенных систем в зависимости от их орбитального периода:

1. маломассивные с $M_1 \leq 1.5 M_\odot$ и короткопериодические с $P \leq 5^d$ разделенные системы последовательно проходят следующие этапы своей эволюции:

- стадия предконтактных систем типа короткопериодических RS CVn с $P \leq 1.^d2$;
- стадия контактных систем типа W UMa с $P \leq 0.^d4$;
- стадия слияния компонентов контактных систем, в результате которой образуются объекты типа ГБ.

2. маломассивные с $1.4 M_\odot \leq M_1 \leq 2 M_\odot$ и короткопериодические с $1.^d2 < P \leq 2.^d5$ разделенные системы последовательно эволюционируют через:

- стадию короткопериодических полуразделенных систем типа R CMa с $P \leq 1.^d2$ и $q \approx 0.5 \div 0.2$, на которой происходит перемена ролей компонентов;
- стадию маломассивных, короткопериодических контактных систем с $P \leq 1.^d$, Sp_1 , изменяющимся в пределах $A2 \div F2$ и $q < 0.5$, в которых устанавливается контакт после перемены ролей;
- стадия контактных систем типа W UMa с $0.^d4 \leq P \leq 0.^d5$;
- стадия ГБ.

Для этого на базе «Каталога приближенных фотометрических и абсолютных элементов затменных переменных звезд» Свечникова, Кузнецовой, 1990 был решен ряд вспомогательных задач, включающий определение возрастов разделенных ТДС, оценки их шкал контактизации и слияния, построение в диаграмме $M_1 - P$ «истинного» распределения пространственной плотности для каждого типа ТДС с учетом эффектов наблюдательной селекции.

Также были выполнены статистические исследования затменных двойных звезд разных типов, включающие построение и интерпретацию статистических диаграмм, отражающих эмпирические зависимости масса главного компонента – большая полуось M_1 –A, спектр – период Sp–P, отношение масс – период q – P. Проведен сравнительный анализ наблюдательных данных и распределений, полученных для ТДС и результатов теоретических исследований их эволюции.

Научная новизна работы характеризуется тем, что:

- впервые на основе большого материала «Каталога приближенных фотометрических и абсолютных элементов затменных переменных звезд» Свечникова, Кузнецовой, составленного на основе ОКПЗ были последовательно изучены и описаны по времени стадии эволюционного превращения маломассивных, короткопериодических разделенных двойных систем в одиночные объекты класса ГБ (в исследование вовлечено 1840 систем изучаемых типов).
- разработана оригинальная методика оценки возрастов разделенных двойных систем по изохронам и трекам.
- впервые рассчитаны и количественно интерпретированы начальные и современные распределения пространственных плотностей ТДС разных эволюционных типов в зависимости от их физических характеристик с учетом эффектов наблюдательной селекции и визуализованы в виде так называемых «карт интенсивностей» по ячейкам диаграммы $\lg M_1 \times \lg P$.
- впервые для маломассивных разделенных ТДС и предконтактных систем из каталога Свечникова, Кузнецовой были оценены индивидуальные шкалы контактизации, описывающиеся известным механизмом потери ОУМ через Магнитное Торможение (МТ).
- впервые для контактных систем типа W UMa из каталога Свечникова,

Кузнецовой были оценены индивидуальные шкалы слияния, рассчитанные с помощью модели одностороннего перетекания Eggen, Iben, 1989 и модели контактной системы Начальной Главной Последовательности (НГП) van't Veer, 1979.

— представлена обновленная версия каталога предконтактных систем с известными фотометрическими и (в большинстве случаев) спектроскопическими элементами орбит, составленного автором совместно с Перевозкиной и Свечниковым на основе ранее опубликованного каталога Свечникова, 1986.

Практическая и научная ценность:

— Подход статистической обработки каталогов, состоящий в выявлении и описании эволюционных цепочек, связывающих ТДС, находящихся на различных стадиях эволюции, помогает восстановить целостную эволюционную картину одного и того же класса маломассивных ТДС.

— Методика вычисления возрастов разделенных ТДС на основе сеток изохрон и треков имеет универсальный характер и может быть применена к произвольным эволюционным теоретическим моделям для решения аналогичных задач.

— Методика отождествления объектов одного класса с другим, основанная на соотношении частоты встречаемости этих объектов и длительности их существования может быть полезна при исследовании любых генетически связанных звездных объектов.

— Статистический аппарат, позволяющий восстанавливать из наблюдательных данных «истинные» современные и начальные пространственные распределения ТДС по своим физическим характеристикам, широко используется для теоретических исследований эволюции ТДС.

— Современный всеволновой диапазон наблюдений, новые инструментальные возможности, а также внедрение современных методов моделирования и

обработки с помощью быстродействующих компьютеров кривых блеска и спектров способствуют значительному увеличению числа хорошо изученных звезд, что, в свою очередь, требует периодически проводить ревизию каталогов, в частности каталога предконтактных систем.

На защиту выносятся следующие результаты:

1. На базе теоретических эволюционных звездных треков Maeder, Meynet, 1988 и Claret, Gimenez, 1992 развиты и апробированы на данных различных каталогов оригинальные способы определения возрастов разделенных и предконтактных систем – методами изохрон и треков – с описанием точности предложенных методов, их сравнительного анализа и отождествления полученных возрастов звездных систем с возрастами скоплений.

2. Изучен ряд статистических диаграмм для указанных классов ТДС на базе данных каталога Свечникова, Кузнецовой для выявления эволюционной связи между разделенными и контактными типами ТДС:

- масса главного компонента – большая полуось системы $M_1 - A$;
- спектр главного компонента – орбитальный период системы $Sp_1 - P$;
- избыток радиуса компонента – масса компонента $\Delta R - M$;
- избыток светимости компонента – масса компонента $\Delta M_{bol} - M$;
- степень наполнения ВКП – орбитальный период системы $R/R_{крит} - P$;
- диаграмма Каретникова $(R_1/R_{крит 1} - R_2/R_{крит 2}) - R/R_{крит}$;
- орбитальный период системы – отношение масс компонентов $P - q$;

3. Построены и визуализованы в виде «карт интенсивностей» начальные и современные распределения пространственных плотностей ТДС указанных типов в 1 пк^3 в окрестности Солнца с учетом индивидуальной вероятности открытия ТДС как затменно-переменной, индивидуального объема, в котором наблюдаются системы данного типа до заданной предельной звездной величины.

4. Рассчитана шкала контактизации, описывающая эволюционные переходы, обусловленные потерей ОУМ через магнитное торможение, из маломассивных, короткопериодических разделенных систем в предконтактные системы типа короткопериодических RS CVn и эволюционные переходы из предконтактных в контактные системы типа W UMa, по данным каталога Свечникова, Кузнецовой;
5. Выполнена оценка времени слияния компонентов контактных систем по данным каталога Свечникова, Кузнецовой в шкале потери ОУМ и потери массы из системы на базе двух моделей:
 - Модель одностороннего перетекания вещества с главного компонента на спутник, заключенных в общую оболочку – сценарий Eggen, Iben;
 - Модель контактной системы типа W UMa на Начальной Главной Последовательности (НГП) с теряющим массу спутником – сценарий van't Veer;
6. По соотношению возрастов старых скоплений и времени, затрачиваемого на образование продуктов слияния компонентов типа W UMa систем, по данным обзора Stryker, 1993 сделано отождествление сливающихся компонентов с объектами класса ГБ, населяющих старые скопления;
7. Обновленная версия каталога предконтактных систем, включающая 33 системы с хорошо изученными фотометрическими кривыми блеска и кривыми лучевых скоростей, и его статистическая обработка.

Материалы диссертации апробировались на:

- Международной конференции памяти Гамова GMIC-99 в Одессе, в секции «Двойные звезды», 16-22 августа 1999;
- Международной конференции JENAM-2000 в Москве, в секции «Двойные звезды», 29 мая - 3 июня 2000 года;
- Всесоюзной Астрономической Конференции ВАК-2001 в Санкт-Петербурге, в секции «Двойные звезды», 6-12 августа 2001;
- Международных студенческих научных конференциях «Физика космоса» в

- Коуровской обсерватории на базе Уральского Государственного Университета (каникулярная Зимняя Астрономическая Школа) в период с 1999-2002 г.г.;
- Научных семинарах кафедры теоретической физики ЧелГУ (март, май 2002);
 - Научном семинаре кафедры теоретической астрономии СПбГУ (апрель, 2002);
 - Научном семинаре в Пулковской Обсерватории ГАО РАН (апрель, 2002).

Структура и объем диссертации: Диссертация состоит из Введения, трех глав, Заключение и трех Приложений. Общий объем диссертации – 150 страниц, в том числе 33 рисунка, 14 таблиц и 124 библиографические ссылки.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность выполненной автором работы и дается краткое изложение основных результатов.

В первой главе решается задача определения возраста разделенной двойной системы, принадлежащей ГП. Предлагается два варианта для вычисления возраста звезды – метод изохрон и метод треков – основанные на идее оптимальной интерполяции, реализованной на базе теоретических звездных эволюционных моделей Maeder, Meynet и Claret, Gimenez.

Данные модели учитывают процесс конвективного проникновения (overshooting) и потерю массы компонентами и вычислены для звезд Населения I с химическим составом, близким к солнечному – $(X, Y, Z) = 0.70, 0.28, 0.02$. Выбор этих моделей с данным (X, Y, Z) объясняется тем фактом, что все ТДС каталога локализованы в окрестности Солнца. Используемые модели позволяют построить различные семейства изохрон для широкого интервала возрастов, меняющихся от 1 миллиона до 12 миллиардов лет с произвольно малым шагом по времени.

Расчет возрастов проводился в трех диаграммах $L-T_{\text{eff}}$, $M-R$ и $T_{\text{eff}} - g$, где

L , M , R – светимость, масса и радиус звезды в долях Солнца, соответственно, а T_{eff} и g – эффективная температура и ускорение свободного падения на поверхности звезды.

Также в главе I проводится сравнительный анализ методов треков и изохрон, их апробация на материалах четырех каталогов:

1. «Каталог приближенных фотометрических и абсолютных элементов затменных переменных звезд» Свечникова, Кузнецовой, 1990;
2. «Каталог точных масс и радиусов нормальных звезд», Andersen, 1991;
3. «Каталог хромосферно-активных звезд», Strassmeier и др., 1993;
4. «Каталог орбитальных элементов, масс и светимостей затменных переменных типа РГП» Перевозкиной, Свечникова, 1999.

На основе анализа распределения в виде гистограмм числа компонентов ТДС по относительным ошибкам их возрастов проводится сравнение между качеством точности методов изохрон и треков.

Исследуются причины ошибок, возникающих при вычислении возрастов компонентов ТДС, которые являются либо следствием неопределенности в начальных данных (светимостях и эффективных температурах; массах и радиусах звезд), либо обусловлены неточностью собственно методов определения возрастов (метода изохрон и метода эволюционных треков). С этой целью в зависимости от рабочей диаграммы строится соотношение между дисперсией D_{ξ_1} , показывающей среднюю относительную ошибку возраста в данной модели и характеризующей точность данных каталога, и дисперсией D_{ξ_2} , интерпретирующей среднее относительное отклонение от линии равных возрастов для компонентов ТДС, как критерий точности метода (изохрон или треков). Рассматриваются причины систематического завышения возрастов спутников по сравнению с возрастaми их главных компонентов.

В главе I изучается вопрос о влиянии конвективного проникновения на

форму треков, а значит – и на форму изохрон, что влияет на оценку возраста для исследуемых систем. Также анализируются особенности теоретических эволюционных моделей Maeder, Meynet и Claret, Gimenez по вопросам использования разных таблиц непрозрачностей, учета некоторых модернизаций в отношении улучшенной обработки уравнения состояния, чувствительности к ошибкам в начальных данных.

В заключение этой главы приводится информация о сравнении возрастов некоторых ТДС, отождествленных по данным ОКПЗ IV, с возрастными наблюдаемых звездных скоплений, оцененных Локтиным и др., 1997.

Во второй главе исследуется эволюционная связь между разделенными и контактными ТДС на основе построения и математической интерпретации статистических зависимостей, выполненных на базе каталога Свечникова, Кузнецовой:

- масса главного компонента – большая полуось системы $M_1 - A$;
- спектр главного компонента – орбитальный период системы $Sp_1 - P$;
- избыток радиуса компонента – масса компонента $\Delta R - M$;
- избыток светимости компонента – масса компонента $\Delta M_{bol} - M$;
- степень наполнения ВКП – орбитальный период системы $R/R_{крит} - P$;
- диаграмма Каретникова $(R_1/R_{крит 1} - R_2/R_{крит 2}) - R/R_{крит}$;
- орбитальный период системы – отношение масс компонентов $P - q$;
- индивидуальные факторы неполноты выборки для ТДС разных типов, которые представляют изменение полного числа систем данного типа, заключенных в единичном объеме пространства в зависимости от граничного значения видимой звездной величины $m_{v гр}$;
- современное пространственное распределение разделенных, предконтактных типа короткопериодических RS CVn, контактных типа W UMa, контактных ранних спектральных классов и полуразделенных

типа R CMa двойных систем в 1 пк^3 в окрестности Солнца по ячейкам диаграммы $\lg M_1 - \lg P$;

- начальное пространственное распределение разделенных и предконтактных типа короткопериодических RS CVn ТДС в 1 пк^3 в окрестности Солнца по ячейкам диаграммы $\lg M_1 - \lg P$;

На основе общей карты интенсивности современного пространственного распределения ТДС разных типов и визуального пересечения областей, соответствующих конкретным эволюционным классам ТДС, прослеживается эволюционная "миграция" звезд с потерей массы и ОУМ из области маломассивных разделенных ТДС в область контактных типа W UMa систем, реализующаяся в эволюционных цепочках двух видов:

1. $\text{РГП} \rightarrow \sim \text{KW} \rightarrow \text{KW}$ и 2. $\text{РГП} \rightarrow \text{ПР} \rightarrow \text{КР} \rightarrow \text{KW}$
 $(M_1 \leq 1.5 M_\odot) \quad (P \leq 0.4^d) \quad (1.4 M_\odot \leq M_1 \leq 2 M_\odot) \quad (P \leq 1.2^d) \quad (P \leq 1^d) \quad (0.4 \leq P \leq 0.5)$
 $(P \leq 5^d) \quad (1.2 \leq P \leq 2.5) \quad (q = 0.5 + 0.2) \quad (q < 0.5)$

Эти сокращения, характеризующие эволюционный статус ТДС, приняты согласно классификации Свечникова и др., 1980 и широко используются в ОКПЗ IV.

В третьей главе оцениваются временные шкалы перехода разделенных ТДС с $M_1 \leq 1.5 M_\odot$ в предконтактные типа короткопериодических RS CVn и контактные типа W UMa в шкале потери ОУМ из-за торможения звездным магнитным ветром в предположении синхронизации осевого вращения и орбитального обращения, приводящего к сближению компонентов, и сравнительно небольшой потери массы. Подобный механизм позволяет объяснить положение ТДС с $M_1 \leq 1.5 M_\odot$ в области «запрещенного треугольника» на диаграмме $M_1 - A$.

Оценка шкалы контактизации вычислялась по формуле Stepien, 1995:

$$\frac{dw}{dt} = 1.8 \cdot 10^{-8} \cdot k^2 \cdot (R_1^2 \cdot M_1 + R_2^2 \cdot M_2) q^{-1} (q+1)^2 w^{7/3} e^{-1.3/w} \cdot G^{-2/3} \cdot M_{\text{tot}}^{-5/3} \quad (1),$$

выведенной из соотношений, полученных для одиночной вращающейся звезды, для которой потеря собственного УМ путем теплового магнитного звездного ветра эквивалентна угловому моменту, выносимому веществом звездного ветра, строго совращающимся с Альвеновской поверхностью.

В данной формуле нет свободных параметров, хотя сюда входят эмпирические величины: напряженность магнитного поля, зависящая лишь от спектрального типа, и фактор наполнения, который указывает процент звездной поверхности, покрытый магнитным полем.

Расчет шкалы контактизации проводился путем интегрирования методом Рунге-Кутты четвертого порядка с шагом по времени 5 миллионов лет. При этом по эволюционным трекам Maeder, Meynet на каждом шаге пересчитывались массы, радиусы компонентов, размеры полостей Роша, отражающие изменения орбиты в результате уменьшения ОУМ, и орбитальный период системы. Из расчетов следует, что характерное время, затрачиваемое на переход типичной маломассивной разделенной ТДС в предконтактную систему типа короткопериодической RS CVn, составляет ≈ 1.8 гигаlet. Последующая стадия образования контактной системы типа W UMa длится в среднем еще ≈ 0.25 гигаlet.

На основе полученной статистики по данным каталога Свечникова, Кузнецовой при расчете времени контактизации, были составлены уравнения, описывающие взаимные изменения численностей участвовавших в переходах ТДС, по которым была оценена относительная скорость звездообразования разделенных ТДС. Подобное описание эволюционных переходов в шкале MT согласно (1), воспроизводит сопоставимые по численности классы разделенных и

контактных систем.

В данной главе также исследуется динамическая эволюция контактных систем типа W UMa в результате потери массы и ОУМ из-за звездного ветра и магнитной активности. Время процесса слияния компонентов контактной системы вычислялось по двум независимым моделям:

— Сценарий Eggen, Iben, 1989 одностороннего перетекания массы от главного компонента на спутник (даже после «перемены ролей» компонентов), сопровождающегося образованием общей оболочки контактной системы, с поверхности которой звездным ветром выдувается вещество, вынужденное вследствие вмороженности в линии магнитного поля коротировать с системой, расходуя при этом энергию ее вращения. В силу предполагаемой синхронизации, которая имеет место в ТДС из-за приливного трения, это приводит к уменьшению ОУМ, что эквивалентно сближению компонентов. Расход собственного углового момента контактной системы построен по аналогии с одиночными звездами, для которых справедлив закон Scumanich, 1972. Подход в оценке времени слияния τ_{merger} в данном сценарии определяется отношением массы главного компонента к темпу потери его массы \dot{M}_1/\dot{M}_1 . Характерное время, требуемое для слияния компонентов в контактных системах в данном сценарии, варьирует в диапазоне $0.4 \div 0.6$ гигаlet.

— Сценарий van't Veer, 1979, который рассматривает контактную типа W UMa систему на НГП, образовавшуюся до инициации ядерного горения водорода в результате деления протозвезды с избыточным угловым моментом. С поверхности главного компонента в такой системе выдувается вещество во внешнее пространство, которое из-за магнитной вязкости уносит часть углового вращательного момента. Это приводит к десинхронизации всей системы, в результате чего развивается динамическая неустойчивость в окрестности L_1 . Из

расчетов для малых отклонений от синхронизации, выполненных Kruszewski, 1964 получено, что синхронизация восстанавливается за счет перетекания вещества от спутника на главный компонент, или, другими словами, за счет «проглатывания» спутника главным компонентом. Для определения времени слияния в данной модели используется отношение полного углового момента, запасенного в вышедшей на НГП контактной системе, к темпу его расхода \dot{H}/\dot{H} в предположении, что эксцентриситет орбиты равен 0 и пренебрежении деформацией поверхностей компонентов из-за приливных возмущений. Типичное τ_{merger} для 60% контактных систем из каталога Свечникова, Кузнецовой оценивается $0.5 \div 0.7$ гигаlet, при этом для 25% контактных систем шкала слияния варьирует в пределах 1 гигаlet и для 17 % – $1 \div 2$ гигаlet.

Также в третьей главе проводится сравнение шкал слияния, полученных в моделях Eggen, Iben, 1989 и van't Veer, 1979. Несмотря на более реалистичное представление геометрии эквипотенциальных поверхностей и истечения вещества с учетом степени контактизации и факторов синхронизации каждого из компонентов в модели van't Veer, трудно отдать ей предпочтение, поскольку в обеих моделях отсутствует критерий устойчивого решения. Это означает, что на данный момент нет методики точного определения \dot{H} для контактных систем солнечного типа и, следовательно, значение τ_{merger} очень чувствительно к выбору \dot{H} в модели van't Veer. Также следует отметить, что конфигурация «магнитное поле – звездный ветер» для сливающейся контактной системы, построенной по аналогии с теряющей вращательный момент одиночной звездой, может сильно отличаться от реальной конфигурации. Кроме того, модель одностороннего перетекания Eggen, Iben очень чувствительна к вариации параметра $\alpha = 4 \div 12$ км/с, соотносящегося с экваториальной скоростью вращения звезды, замедляющейся из-за магнитного поля по закону Scumanich. Приводятся результаты сравнения с

оценками шкал слияния, полученными ранее другими авторами с комментариями для их моделей.

В заключение третьей главы по результатам сравнения возрастов и численностей сливающихся объектов, делается их отождествление с объектами класса «голубые бродяги», населяющих рассеянные скопления старого диска, шаровые скопления гало, и возможно, карликовые галактики. Акцент на старые скопления сделан потому, что возраст сливающихся объектов складывается из:

1. возраста маломассивной разделенной, локализованной на ГП, двойной системы с $M_1 \leq 1.5 M_\odot$, который варьирует в пределах $3 \div 5$ гигаlet;
2. шкалы контактизации, которая в сумме составляет $\approx 1.8 + 0.25$ гигаlet;
3. шкалы слияния, оцененной в среднем как $0.5 \div 1$ гигаlet.

В Приложении 1, в Таблицах 2-6 представлены возрасты, вычисленные по методам треков и изохрон для разделенных двойных систем из каталогов Andersen, 1991, Strassmeier и др., 1993, Свечникова, Перевозкиной, 1999 и Свечникова, Кузнецовой, 1990, соответственно.

В Приложении 2, в Таблицах 8-10 приведены значения шкал контактизации для разделенных и предконтактных ТДС и шкал слияния для контактных типа W UMa систем.

В Приложении 3, в Таблицах 13,14 дано описание новой версии каталога хорошо изученных предконтактных систем с известными фотометрическими и (в большинстве случаев) спектроскопическими элементами орбит, а также комментариев к нему и библиографических ссылок. Для данных систем получены основные статистические соотношения: спектр – светимость, масса – светимость, масса – радиус и по методу изохрон оценены возрасты.

По материалам диссертации опубликовано 10 статей, 8 из них в центральной и зарубежной печати:

1. G. N. Dryomova, M. A. Svechnikov, "Statistical research in evolutionary genetic relationship of DMS, DW, KW, KE types of double stars", – Odessa Astronomical Publications, 1999, v.12, p.187-190
2. М. А. Свечников, Г. Н. Дремова, Е. Л. Перевозкина, «Определение возрастов звезд типа РГП с известными фотометрическими и спектроскопическими элементами», – Каталог орбитальных элементов, масс и светимостей затменных переменных звезд типа РГП и некоторые результаты его статистической обработки, изд-во Уральский Университет, Екатеринбург, 1999, стр. 58-66
3. М. А. Свечников, Г. Н. Дремова, Е. Л. Перевозкина, «Определение возрастов звезд типа РГП с известными элементами фотометрической орбиты и неизвестными спектроскопическими элементами», – Каталог орбитальных элементов, масс и светимостей затменных переменных звезд типа РГП и некоторые результаты его статистической обработки, изд-во Уральский Университет, Екатеринбург, 1999, стр. 122-133
4. Г. Н. Дремова, М. А. Свечников, «Определение возраста компонентов затменных переменных звезд по моделям Мэдера и Мейнета», – Кинематика и физика небесных тел, 2000, т. 16, N 2, стр. 169–180
5. G. N. Dryomova, M. A. Svechnikov, "Method of the age estimation for detached MS double systems", - JENAM, 9th European and 5th Euro-Asian Astronomical Society Conference, 2000, Moscow, p. 74
6. Г. Н. Дремова, М. А. Свечников, «Исследование эволюционной связи разделенных и контактных двойных систем», – Астрономический журнал, 2001, т. 78, N 3, стр. 248 - 252
7. Г. Н. Дремова, М. А. Свечников, «Оценка шкал перехода разделенных двойных

систем в контактные типа $\sim KW$ и KW », – Кинематика и физика небесных тел, 2001, т.17, N2, стр.121–133

8. Г. Н. Дремова, М. А. Свечников, «Оценка шкал контактизации и слияния для компонентов контактных систем», - ВАК, Тезисы докладов, СПб.: НИИХ СПбГУ, 2001, стр. 61

9. Г. Н. Дремова, М. А. Свечников, «Оценка шкалы слияния компонентов контактных систем типа $W UMa$ », – Астрофизика, 2002, т. 45, N 2, стр.193-202

10. Г. Н. Дремова, М. А. Свечников, «Определение возраста тесных двойных систем на ГП по эволюционным моделям Кларета и Гименеца» – Астрофизика, 2002, т. 45, N 3, стр. 419-434

ЛИТЕРАТУРА

1. J. Andersen – Astron. Astrophys. Rev., 1991, v. 3, N 2, p. 9

2. A. Claret, A. Gimenez – Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 1992, v. 96, p. 255

3. O. J. Eggen, I. Iben – Astron. J., 1989, v. 97, N 2, p. 431

4. A. Kruszewski – Acta Astron., 1964, v.14, p. 231

5. A. Maeder, G. Meynet – Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 1988, v. 76, p. 411

6. A. Scumanich – Astrophys. J, 1972, v. 171, p.565

7. K. Stepień, – MNRAS, 1995, v.273, p. 1019-1028

8. K. G. Strassmeier, D. S Hall., F. C. Fekel, M. Scheck – Astron. Astrophys. Suppl. Ser., CABS, 1993, v. 100, p.173

9. L. Stryker – Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 1993, v.105, p.1081-1100

10. F. van't Veer – Astron. Astrophys., 1979, v. 80, p. 287

11. М. А. Свечников, Э. Ф. Кузнецова – Каталог приближенных фотометрических и абсолютных элементов затменных переменных звезд, Екатеринбург, Издательство УрГУ, 1990, т. 1, 2

12. М. А. Свечников, Л. Ф. Истомин, О. А. Грехова – ПЗ, 1980, т. 21, N3, стр. 399

13. Е. Л. Перевозкина, М. А. Свечников – Каталог орбитальных элементов, масс и светимостей переменных звезд РГП типа и некоторые результаты его статистической обработки, Изд. УрГУ, Екатеринбург, 1999, стр. 1— 30

14. П. Н. Холопов – Общий каталог переменных звезд, четвертое издание, М., Наука, 1985